

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-171672

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月29日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

C 0 4 B 41/88

C 0 4 B 41/88

U

C 2 2 C 1/10

C 2 2 C 1/10

G

21/00

21/00

E

29/02

29/02

Z

32/00

32/00

Q

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平9-344712

(22) 出願日

平成9年(1997)12月15日

(71) 出願人 000003296

電気化学工業株式会社

東京都千代田区有楽町 1 丁目 4 番 1 号

(72) 発明者 蛭田 和幸

東京都町田市旭町 3 丁目 5 番 1 号 電気化学工業株式会社総合研究所内

(72) 発明者 廣津留 秀樹

東京都町田市旭町 3 丁目 5 番 1 号 電気化学工業株式会社総合研究所内

(72) 発明者 小畑 正明

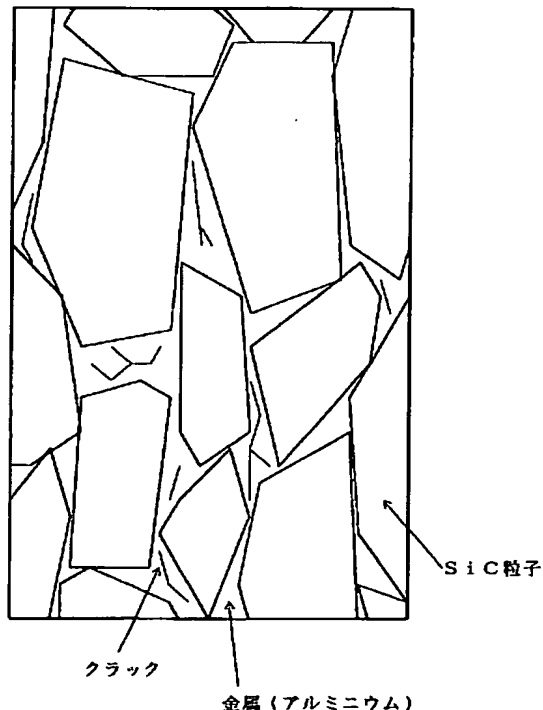
東京都町田市旭町 3 丁目 5 番 1 号 電気化学工業株式会社総合研究所内

(54) 【発明の名称】 複合体とそれを用いたヒートシンク

(57) 【要約】

【課題】 セラミックス回路基板用ヒートシンクとして好適な、高熱伝導率でしかも低熱膨張率のアルミニウム-炭化珪素複合体を提供する。

【解決手段】 炭化珪素多孔体にアルミニウムを主とする金属を含浸させてなる複合体であり、炭化珪素粒子表面に沿ってクラックが存在し、好ましくは、クラックの長さが  $1 \sim 10 \mu\text{m}$  であることを特徴とする複合体であり、 $25^\circ\text{C}$  における熱伝導率が  $160 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$  以上であり、しかも  $25 \sim 250^\circ\text{C}$  の熱膨張率が  $7.5 \times 10^{-6} / \text{K}$  以下の特徴を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 炭化珪素多孔体にアルミニウムを主とする金属を含浸させてなる複合体において、炭化珪素粒子表面に沿って前記金属にクラックが存在することを特徴とする複合体。

【請求項2】 クラックの長さが $1 \sim 10 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1記載の複合体。

【請求項3】  $25^\circ\text{C}$ における熱伝導率が $160\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上であり、しかも $25 \sim 250^\circ\text{C}$ の熱膨張率が $7.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 以下であることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の複合体。

【請求項4】 請求項1、請求項2又は請求項3記載の複合体を用いてなるセラミックス回路基板用のヒートシンク。

【請求項5】 セラミックス基板がアルミナ、窒化アルミニウムまたは窒化珪素のいずれかであることを特徴とする請求項4記載のヒートシンク。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体部品を搭載するセラミックス回路基板の裏面に設けられ、半導体部品から発生する熱を効率的に、しかも速やかに逃がすために使用されるヒートシンクに関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、パワー分野における半導体素子の大面積化、高集積化に伴い、発生する熱をいかに速やかに逃がすが問題となっている。この問題を解決するため、半導体素子を搭載する基板においては、従来使用されてきたアルミナ基板に代わって、熱伝導率が高く、電気絶縁性にも優れ、熱膨張係数もシリコンに近く、さらには機械的特性もアルミナ基板以上であることから、窒化アルミニウム基板や窒化珪素基板が使用されてきている。

【0003】前記のセラミックス基板を用いたモジュールは、通常、銅或いはアルミニウム等の導電性に優れた金属で形成されている回路、セラミックス基板、該セラミックス基板とヒートシンクとを接合し放熱特性を確保するための金属からなるパターン、前記金属をヒートシンクと接合するための半田層、そしてヒートシンクから構成されている。尚、ヒートシンク材料として、熱伝導性及びコスト等の点から、銅板が多用されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ヒートシンクに使用される銅板の熱膨張率が $17 \times 10^{-6}/\text{K}$ であるのに対し、上記セラミックス基板の熱膨張率は $4 \sim 5 \times 10^{-6}/\text{K}$ であり、両者の熱膨張率に大きな差があるため、回路を形成したセラミックス基板をヒートシンクに半田付けするに際し、大きな熱応力が発生し、その結果、セラミックス基板が割れたり、或いはクラックが発生するという問題点があった。

【0005】この問題を解決するために、最近、炭化珪素の骨格組織を有する多孔体にアルミニウム合金等を含浸して作られる、炭化珪素とアルミニウムとを主成分とした複合体からなるヒートシンクが使われつつある。このヒートシンクは、熱膨張率が $7.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 程度と、従来使用されてきた銅製ヒートシンクに比べ熱膨張率を大幅に低減することに成功している。しかしながら、その熱伝導率は $160\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 程度であり、銅板の熱伝導率と比較すると小さく、さらなる低熱膨張率化と高熱伝導化の両立が要望されている。

【0006】アルミニウム合金-炭化珪素複合体において、熱膨張率を下げるためには、炭化珪素含有率を上げる方法が一般的に採られるが、炭化珪素の含有率を70体積%以上にするのは容易ではない。

【0007】さらに、ヒートシンクはその実使用において約 $100^\circ\text{C}$ の温度条件下で使用されるが、炭化珪素は温度が高くなると熱伝導率が低下する性質を有するので、炭化珪素-アルミニウム複合体において、炭化珪素含有率を高くすると実際の使用条件下で熱伝導率が低くなってしまいう問題も有る。このために、低熱膨張率化と高熱伝導率化の両立は一層困難なものとなっている。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記課題を解決するため、炭化珪素-アルミニウム複合体に関し、いろいろの実験的検討を加え、特定の条件下で作製した複合体においてアルミニウム中に炭化珪素粒子の表面に沿ってクラックが発生し、このような炭化珪素-アルミニウム複合体（以下、複合体という）は、熱伝導率が高く、しかも熱膨張率が小さいという知見を得て、本発明に至ったものである。

【0009】即ち、本発明は、炭化珪素多孔体にアルミニウムを主とする金属を含浸させてなる複合体において、炭化珪素粒子表面に沿って前記金属にクラックが存在することを特徴とする複合体であり、好ましくは、クラックの長さが $1 \sim 10 \mu\text{m}$ であることを特徴とする前記の複合体である。

【0010】本発明は、 $25^\circ\text{C}$ における熱伝導率が $160\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上であり、しかも $25 \sim 250^\circ\text{C}$ の熱膨張率が $7.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 以下であることを特徴とする前記の複合体である。

【0011】また、本発明は、前記の複合体を用いてなるセラミックス回路基板用のヒートシンクであり、好ましくは、セラミックス基板がアルミナ、窒化アルミニウムまたは窒化珪素のいずれかである前記のヒートシンクである。

## 【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明を詳細に説明する。

【0013】本発明の特徴は、炭化珪素-アルミニウム複合体において骨格構造を形成する炭化珪素粒子の表面

に沿ってアルミニウム中にクラックが存在させるとき、得られる複合体の熱伝導率を低下させることなく熱膨張率を低減できることを見出した点にある。この理由については未だ明らかではないが、発明者らは、室温からの熱膨張初期では、膨張がこのクラックを埋めるように働き、実質的な膨張が抑えられるためと考えている。

【0014】本発明におけるクラックとは、アルミニウムを主成分とする金属内に炭化珪素粒子の表面に沿って発生しているもので、走査型電子顕微鏡（SEM）を用い1000倍程度の拡大率にて容易に観察することができる。図1は、本発明で得られる複合体の組織をSEMで撮影したときに得られる写真像の模式図で、炭化珪素粒子の表面に沿ってアルミニウムを主成分とする金属内にクラックが存在していることを示している。また、本発明にいうクラック長さとは、クラックの先端部の最も長い距離をいい、図2に例示したクラックでは、クラック先端aとクラック先端cを結ぶ距離で表されるものとする。

【0015】本発明の複合体は、上述のとおり、炭化珪素粒子の表面に沿ったアルミニウムを主成分とする金属内にクラックを有することを特徴とするが、このような複合体を得るためには、ダイキャスト法（特公表平5-508350号公報参照）や溶湯鍛造法（まてりあ、第36巻、第1号、1997、40-46ページ参照）等の圧力鑄造法、自発浸透法（特開平2-197368号公報参照）等の方法において、アルミニウムを主成分とする金属の含浸時の冷却速度を早くすることで得ることができる。

【0016】クラックの発生機構は明らかではないが、本発明者らは、炭化珪素粒子が大きくなると、複合体作製時、冷却過程において炭化珪素粒子とアルミニウムを主成分とする金属との境界部に発生する熱応力の緩和が進まず、境界部にクラックが発生すると考えている。

【0017】以下、本発明の複合体を得る方法を例示しつつ、本発明の複合体を更に詳細に説明する。

【0018】まず、本発明に用いる炭化珪素質多孔体については、従来公知の方法で得ることができ、例えば、1種又は2種以上の炭化珪素粉末を原料に用い、これにシリカ或いはアルミナ等を結合材として添加し、成形し、強度を発現させるために800℃程度の温度で焼成することで得ることができる。

【0019】本発明において、炭化珪素質多孔体を構成する炭化珪素粒子の平均粒径は、10～200μmであることが好ましい。平均粒径は、炭化珪素質多孔体の任意の断面を研磨し、SEMにて観察し、インターセプト法により求める。すなわち、SEM写真上に任意の直線を引き、その直線が横切る約100個以上の炭化珪素粒子の長さを測定し、それを3/2倍して平均値を求める方法による。

【0020】炭化珪素粒子の平均粒径が10μm未満の

場合、得られる複合体について炭化珪素粒子の表面に沿ったクラックが発生しにくい傾向を示すこと、また、炭化珪素充填率の高い炭化珪素質多孔体が得にくいし、得られる複合体の熱伝導率が大きくなり難いためである。また、200μmを越える場合には、やはり炭化珪素充填率の高い炭化珪素質多孔体が得にくいし、得られる炭化珪素質多孔体の強度が低く金属の含浸時に崩れる等の問題を生じ易くなるためである。上記の理由から、20～100μmの範囲が、より好ましく選択される。

【0021】尚、炭化珪素質多孔体（プリフォームともいう）の作製において、結合剤となるシリカゾル等との混合時に、炭化珪素の粒径が変化することがあるが、いずれにしても作製したプリフォーム上で上記範囲の平均粒子径になるように、炭化珪素原料粉末を選択すればよく、一般的には、その測定方法により原料炭化珪素粉末の粒径は若干異なってくるものの、ほぼ上記範囲と同等の粒径を有する原料炭化珪素粉末を使用すればよい。また、複合体の熱伝導率向上の面から、炭化珪素質多孔体の炭化珪素充填率は50%以上となるようにすることが好ましい。

【0022】前記の炭化珪素質多孔体にアルミニウムを主成分とする金属を含浸させて複合体を得るが、本発明において重要なのは、含浸後の冷却速度である。クラックは炭化珪素粒子とアルミニウムとの熱膨張差に起因する熱応力によってもたらされることから、冷却速度は速いことがよく、本発明者らの検討によれば、100℃/分以上の冷却速度を採用するとき、所望のクラックが発生しやすくなるとともに、その個数も増加させることができるからである。

【0023】なお、炭化珪素粒子表面に沿ったアルミニウムを主成分とする金属内のクラックについて、その長さは1～10μmであるとき、更に、前記範囲の長さのクラックの個数が炭化珪素粒子10個当たり10～30本のときに本発明の効果が著しく、好ましい。クラック長さが1μm未満であるときには、複合体の熱膨張率は若干低下できるものの、その効果が小さい。一方、10μmを越えると、クラックが熱伝導の大きな妨げとなり、熱伝導率が低下する傾向を示すこと、更に複合体自体の強度が低下し始める。また、前記範囲のクラック長さを有するクラックの個数が炭化珪素粒子1個当たり3本を超えると、複合体の熱伝導率が低下する傾向を示す。

【0024】本発明の複合体は、25℃における熱伝導率が160W/(m・K)以上で、しかも25～250℃の熱膨張率が7.5×10<sup>-6</sup>/K以下の特徴を有する。本発明の複合体は、前述のとおり、低熱膨張率でしかも高熱伝導率を有するので、半導体を搭載する各種回路基板のヒートシンクに用いて好適である。

【0025】本発明の複合体を用いたヒートシンクは、熱膨張率が7.5×10<sup>-6</sup>/K以下であり、アルミナ、

10

20

30

40

50

窒化アルミニウム、窒化珪素等のセラミックス基板と熱膨張率が近いので、従来問題であったセラミックス基板のクラックや割れの発生を防ぐことができるという利点がある。更に、本発明のヒートシンクは、 $160\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上の熱伝導率を有するので、熱を速やかに逃がすことができるという利点を有する。

【0026】以下、実施例に基づき、本発明を更に詳細に説明する。

【0027】

【実施例】〔実施例1〕平均粒径が $30\text{ }\mu\text{m}$ の炭化珪素粉末100重量部に固形分濃度20%のシリカゾルを10重量部添加し充分に混合した。この混合物を断面が $40\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ の金型内に充填し、 $300\text{ Kg f}/\text{cm}^2$ で加圧成形し、 $40\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 7\text{ mm}$ の成形体を得た。この成形体（プリフォーム）の相対密度を測定したところ62体積%であった。

【0028】上記成形体を空气中 $800^\circ\text{C}$ で焼成したのち、 $650^\circ\text{C}$ に予め加熱した金型内に納め、珪素を6%\*

\*含有するアルミニウムの溶湯を注ぎ、 $1\text{ ton}/\text{cm}^2$ で加圧含浸を行ない冷却した。このときの冷却は $100^\circ\text{C}/\text{分}$ に制御した。得られた成形体の表面を研削し、複合体を得た。

【0029】上記複合体より、研削加工により直径 $3\text{ mm}$ 長さ $10\text{ mm}$ と直径 $11\text{ mm}$ 厚さ $3\text{ mm}$ の試片を得て、それぞれの試片を用いて、 $25 \sim 250^\circ\text{C}$ の熱膨張率を熱膨張計（セイコー電子工業社製；TMA300）で、 $25^\circ\text{C}$ での熱伝導率をレーザーフラッシュ法（理学電機社製；LF/TCM-8510B）で測定した。また、複合体の破断面をSEM観察し、SEM写真によりアルミニウムを主成分とする金属内のクラックの有無を、クラックが存在する場合は、クラック長さ $1 \sim 10\text{ }\mu\text{m}$ のものについてその平均長さを測定した。結果を表1に示す。

【0030】

【表1】

	炭化珪素質多孔体		含浸時の冷却速度 $^\circ\text{C}/\text{分}$	熱膨張率 $\times 10^{-6}$ $1/\text{K}$	熱伝導率 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	クラック長 $\mu\text{m}$
	炭化珪素 平均粒径 $\mu\text{m}$	相対密度 %				
実施例1	30	62	100	7.4	180	3
実施例2	10	61	100	7.4	172	1
実施例3	200	60	100	7.3	190	10
実施例4	50	62	130	7.2	180	5
実施例5	20	63	130	7.4	175	2
実施例6	100	61	130	7.4	192	7
比較例	30	62	10	7.5	160	—

【0031】〔実施例2〕平均粒径が $10\text{ }\mu\text{m}$ の炭化珪素粉末を使用したこと以外は、すべて実施例1と同様な方法で複合体を作製、評価を行なった。結果を表1に示す。

【0032】〔実施例3〕平均粒径が $200\text{ }\mu\text{m}$ の炭化珪素粉末を使用したこと以外は、すべて実施例1と同じ方法で複合体を作製、評価を行なった。結果を表1に示す。

【0033】〔実施例4〕平均粒径が $50\text{ }\mu\text{m}$ の炭化珪素粉末を使用したこと、冷却速度を $130^\circ\text{C}$ としたこと以外、実施例1と同じ方法にて複合体を作製、評価を行なった。結果を表1に示す。

【0034】〔実施例5〕平均粒径が $20\text{ }\mu\text{m}$ の炭化珪素粉末を使用したこと以外は、実施例4と同じ方法にて複合体を作製、評価を行なった。結果を表1に示す。

【0035】〔実施例6〕平均粒径が $100\text{ }\mu\text{m}$ の炭化珪素粉末を使用したこと以外は、実施例1と同じ方法にて複合体を作製、評価を行なった。結果を表1に示す。

【0036】〔比較例1〕冷却速度を $10^\circ\text{C}/\text{分}$ としたこと以外、実施例1と同じ方法にてヒートシンクを作製、評価を行なった。結果を表1に示す。

【0037】〔実施例7〕実施例1の複合体を用い、 $30\text{ mm} \times 65\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ の板を形成し、ヒートシンクとした。次に、表面に所定の回路を形成され、裏面に厚み $0.4\text{ mm}$ の放熱用銅板を接合されている窒化アルミニウム回路基板（大きさ； $25\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ ）の前記放熱用銅板に前記ヒートシンクをハンダを用いて接合することで、ヒートシンクを回路基板に一体化した。つぎに、前記のヒートシンクが一体化された回路基板を、 $-40^\circ\text{C}$ から $+125^\circ\text{C}$ の間で、温度の上昇、保持、下降の1サイクルが40分の温度サイクルをかける熱衝撃試験に1000回曝した後、何らの異常も観察されなかった。

【0038】〔比較例2〕比較例1の複合体を用いて、比較例と同じ操作でヒートシンクの一体化された回路基板を作製し、評価したとこと、窒化アルミニウム基板の回路間にクラックが見いだされた。

【0039】

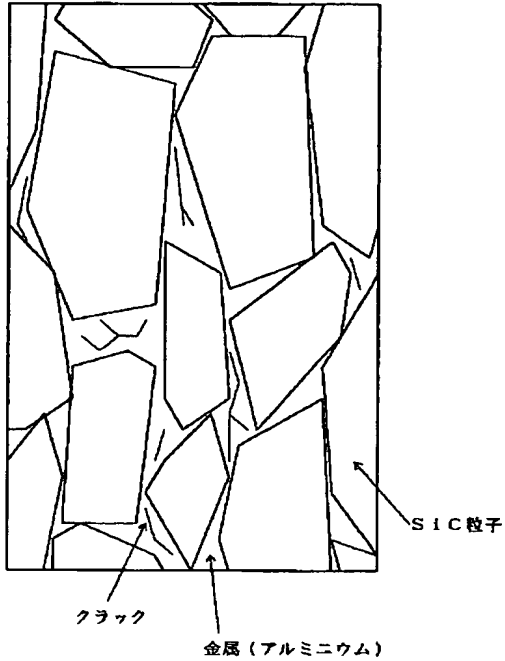
【発明の効果】本発明のヒートシンクは熱膨張係数が小さく、しかも高熱伝導率を有することから、半導体部品搭載するセラミックス回路基板用のヒートシンクとして好適である。

【図面の簡単な説明】

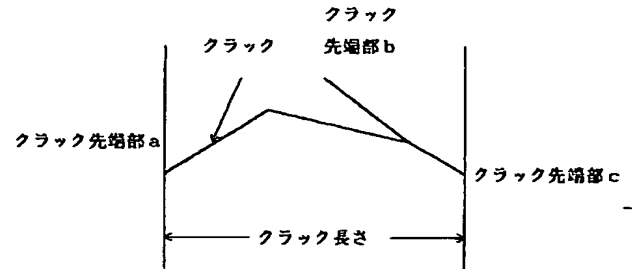
【図1】 本発明の複合体の組織を示す模式図。

\* 【図2】 本発明の複合体に存在するクラックの長さの  
\* 説明図。

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
H 0 1 L 23/373

識別記号

F I  
H 0 1 L 23/36

M